

ISSN 1982-0496

Licenciado sob uma Licença Creative Commons



NANOTECNOLOGIAS E SUA REGULAÇÃO: CONHECIMENTO NECESSÁRIO DE UMA NOVA REALIDADE SOB A CONSTITUIÇÃO DEMOCRÁTICA DE 1988

NANOTECHNOLOGIES AND THEIR REGULATION: NECESSARY KNOWLEDGE OF A NEW REALITY UNDER THE DEMOCRATIC CONSTITUTION OF 1988

Mateus de Oliveira Fornasier

Mestre e Doutor em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Professor do Programa de Pós-graduação "stricto sensu" (Mestrado) em Direitos Humanos - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI).

Resumo

Que óbices o princípio da participação democrática encontra na sociedade para a construção da regulação do risco nanotecnológico? Apesar dos diversos meios de participação democrática possibilitadas pela ordem constitucional, o grande óbice com que se depara o jurista ao analisar a capacidade de efetivação desta norma é a falta de conhecimento sobre as nanotecnologias – falta relacionada não apenas à (des)informação, mas também à desorganização por parte do próprio público neste sentido e às ainda reduzidas dimensões de investimentos (públicos e privados) em desenvolvimento nanotecnológico. *Resultados:* i) há benefícios para o homem e o meio ambiente com o desenvolvimento nanotecnológico – porém, há grandes riscos face ao meio ambiente; ii) há um risco muito grande de o desenvolvimento nanotecnológico aumentar significativamente o fosso social entre países desenvolvidos e em desenvolvimento; iii) há grande disparidade na percepção das nanotecnologias entre leigos e especialistas dificultando sua regulação democrática.

Palavras-chave: Direitos fundamentais. Nanotecnologias. Risco ecológico. Regulação. Democracia.

Abstract

What obstacles the principle of democratic participation finds in society to the construction of the regulation of nanotechnologic risk? Despite the several means of democratic participation that constitutional order poses, the greatest obstacles that jurists faces when analyzing the capability of this norm to become effective, is the lack of knowledge of the common public about what are nanotechnologies – a lack related not only to the (mis)information, but also to the lack of organization by Brazilian public, as well as to the

still small sized public and private investments in their development. Results: i) development of nanotechnologies brings several benefits – but there are many risks related to the environment; ii) there is a great risk, related to nanotechnologic development, for increasing the social gap between developed and developing countries; iii) there is great disparity in the perception of nanotechnology among lay and expert ones, which impairs its democratic regulation.

Key-words: Fundamental rights. Nanotechnologies. Environmental risk. Regulation. Democracy.

1. INTRODUÇÃO

A *contingência* caracteriza as nanotecnologias¹ – pois, de um lado, apresentam considerações benéficas; mas por outro, possuem enorme potencial danoso, se utilizadas de modo desregula(menta)do. Eis a necessidade de ser juridicamente ordenado o seu uso, mediante novas leis específicas e/ou mediante a interpretação das já existentes acerca da matéria, ao lado da doutrina e da jurisprudência.

Vários dos dispositivos da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (em especial, seu artigo 225) instituem a participação democrática na regulação jurídica de questões ambientais (tais como a poluição decorrente de nanopartículas). Não apenas o Poder Público, portanto, mas também a coletividade (indivíduos e/ou organizações da sociedade civil) devem ser atuantes na preservação do meio ambiente – inclusive, no que tange à *regulação democrática* do risco ambiental.

É neste contexto que o presente texto se articula, guiado pelo problema de pesquisa: ao analisar-se a deontologia constitucional frente às possibilidades socialmente apresentadas para a sua efetivação, que óbices cognitivos (fáticos) são encontrados para a concretização do princípio da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico? A hipótese a tal questionamento é de que, mesmo com o avanço trazido pela Constituição de 1988 nesse sentido, a participação democrática encontra um significativo obstáculo para sua efetivação na disparidade de conhecimento entre os setores já ocupados com o desenvolvimento nanotecnológico e o público em geral – desnível este relativo à falta de informação

¹ Algumas explicações terminológicas: *nanociência* é termo que designa a área do conhecimento concernente aos princípios fundamentais de moléculas e estruturas, em que ao menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nm (nanoestruturas). Um nanômetro (“nm”, em sua abreviatura) é a bilionésima parte do metro (1m x 10⁻⁹), ou seja: 0,000000001 m (FEYNMAN, 2004, p. 27). Já por *nanotecnologias* se define a aplicação das nanoestruturas em dispositivos nanoescalares úteis (RATNER; RATNER, 2003, p. 13).

prestada ao público, de organização deste no Brasil em tal sentido e às ainda reduzidas dimensões de investimentos públicos em desenvolvimento nanotecnológico.

Como objetivo geral, este trabalho observa os modos pelos quais surgem obstáculos na realidade social para o entendimento acerca do que são nanotecnologias na sociedade, focando-se nos cidadãos não especialistas na matéria. Tal análise justifica sua importância justamente em razão da fundamentalidade da norma que obriga o Poder Público a possibilitar modos democráticos de participação popular na decisões políticas (prestação de informações para que o público acerca da matéria, audiências públicas, etc.).

Inicialmente, delinea-se uma nova realidade com o desenvolvimento nanotecnológico. Serão apresentadas, no primeiro momento deste texto, portanto, características básicas das nanotecnologias e seus benefícios para a humanidade. Paralelamente, elencam-se riscos que as nanopartículas podem vir a representar. Ademais, aponta-se que, neste contexto, já são sendo comercializados produtos contendo nanopartículas (ou fabricados mediante processos envolvendo nanotecnologias) sem que haja qualquer regulação jurídica específica para a matéria.

Em seguida, o segundo momento deste texto busca analisar as possibilidades do desenvolvimento nanotecnológico em países como o Brasil. Neste sentido, examina-se a possibilidade de aumento do fosso social entre os contextos de países que já se ocupam das nanotecnologias e aqueles onde não há acesso a elas (por desinformação, falta de recursos econômicos, etc.).

Num terceiro e último momento, busca-se demonstrar que, mesmo sendo instituído constitucionalmente o dever de se abrir para o público a participação democrática na regulação do risco nanotecnológico, socialmente ainda se percebe a total disparidade de percepções da nanotecnologia pelo público em geral e pelos cientistas. Em outras palavras, a Constituição normatiza num sentido, mas a realidade demonstra um desnível preocupante no conhecimento necessário para a efetividade do mandamento fundamental.

2 DO ADVENTO DE UMA NOVA REALIDADE MEDIANTE O DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO

O início *de fato* do desenvolvimento nanotecnológico pode ser remontado ao

início da década de 1980, quando físicos europeus começaram a operar microscópios de varredura por sonda (que realizam o mapeamento de objetos mediante o uso de uma agulha cuja ponta tem superfície de poucos átomos de extensão) (MELO; PIMENTA, 2004, p. 13). Entre esta início e a primeira década do século XXI, houve um grande desenvolvimento das técnicas de operação deste aparato – o que, paralelamente, foi acompanhado pelo avanço de microscópios eletrônicos que permitem a visualização de átomos e de objetos em escala nanométrica.

O investimento dos EUA desencadeou a montagem de vários programas nacionais ligados à área (principalmente, no seu início, de países da Comunidade Europeia e Japão), pois estes foram se apercebendo da importância que, num futuro pouco distante, estas tecnologias poderiam significar. Entre 1997 e 2002, agências governamentais de todo o mundo reportaram investimentos na área, cujo crescimento representou, globalmente, cerca de cinco vezes em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologias (FEYNMAN, 2004, p. 26).

As nanotecnologias podem ser utilizadas em muitas áreas da indústria e das ciências (ALVES, 2005). A tecnologia de transístores está sendo, por elas, revolucionada: transístores baseados em diodos orgânicos eletroluminescentes permitem a construção de monitores ultrafinos (mais eficientes do que as telas de cristal líquido). Aliás, a informática e as comunicações como um todo pode ser assim revolucionadas, pois a aplicação de nanotecnologias permite a produção de aparatos de modo muito mais preciso.

Emulsões nanotecnológicas antibacterianas prometem produtos de limpeza capazes de eliminar vários organismos patogênicos (o da tuberculose, por exemplo) pelo uso de esferas manométricas contendo um óleo que, quando suspenso na água, elimina os germes usando quantidades mínimas de químicos – resultando assim num provável menor impacto ambiental. Tais cápsulas de dimensões nanométricas (entre aproximadamente 100 e 600 nm) podem ser aplicadas não apenas na limpeza, mas também em várias outras áreas – sendo exemplo paradigmático o da administração de remédios (sistema de *drug delivery*). Sendo feitas a partir de lipossoma ou de polímeros, tais cápsulas carregam, de modo protegido, o fármaco pelos mais diferentes sistemas, tecidos e fluidos humanos (água, pele, sangue, muco, etc.), depositando-o exatamente no local-alvo (e.g., um tumor em alguma região de difícil acesso).

A tecnologia de nanofluidos promete um avanço significativo das ciências – mormente, no que concerne à tecnologia dos diagnósticos. Mediante ela, podem ser construídos aparatos e ferramentas muito precisos e pequenos (tendo-se, por exemplo, laboratórios em um microchip). Reduzidas à escala nano, tais aparatos poderão garantir maior precisão e eficiência dos dados clínicos.

Estão sendo realizados muitos investimentos também em tecnologias que permitirão a criação de sistemas nanoeletromecânicos (NEMs), as quais possibilitarão a construção de uma infinidade de aparatos nanorrobóticos e de estruturas biológicas em tais dimensões. Um verdadeiro e amplo domínio da natureza em nanoescala estaria, assim, ao alcance dos detentores de tais tecnologias, pois estes aparatos poderiam ser introduzidos nos corpos, células, sistemas, etc., fornecendo informações (ou realizando processos) intracelulares microscópicos.

A tecnologia de nanotubos de carbono extremamente finos, resistentes e de condutibilidade incomparável está revolucionando a engenharia de materiais. Mediante ela, fontes de elétrons que emitem correntes muito altas e densas, mais rápidas do que os aparatos em escala normal podem ser construídos. Isto os torna ideais para instrumentos como aparelhos altamente precisos e complexos para as mais variadas funções (comunicações, diagnóstico, etc.).

Os exemplos recém elencados são meramente ilustrativos, pois várias outras aplicações podem ser imaginadas a partir das nanotecnologias. Há quem as veja, por exemplo, como um grande meio para a solução de vários problemas de ordem global relacionados à economia, ao saneamento e à saúde (principalmente aqueles que afetam países em desenvolvimento). Baseados em estudos colaborativos do *Canadian Joint Centre for Bioethics*, o site *BBC News* (NANOTECHNOLOGIAL, 2005) publicou dez usos e pesquisas mais promissores envolvendo nanotecnologias no futuro: armazenamento, produção e conversão de energia elétrica (resolvendo o problema do acesso a ela); aumento da produção agrícola (acabando-se com a escassez de alimentos); purificação da água e combate à poluição do meio ambiente (mediante filtros, por exemplo); diagnóstico de doenças; *drug delivery*; construção; monitoramento da saúde; detecção de pragas e de seus vetores (malária, dengue, etc.).

Contudo, há um lado negativo bastante significativo já sendo apontado em razão das nanotecnologias. Cosméticos e produtos de higienização doméstica,

principalmente, envolvendo nanopartículas ou processos de fabricação envolvendo nanotecnologias já são comercializados no mundo todo. O processo produtivo com a utilização de nanotecnologias pode, aliás, trazer consequências bastante degradantes para a saúde do trabalhador diretamente envolvido (SILVA, 2008, p. 14).

Os riscos da exposição do trabalhador às externalidades da produção nanotecnológica têm sido estudados já há alguns anos – o relatório da Royal Society and Academy of Engineering, *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* (2004), por exemplo, expõe as possibilidades de contaminação nas etapas de produção, transporte, armazenamento e tratamento de resíduos. Ademais, ao adentrar de forma difusa no meio ambiente natural, nanopartículas residuais contaminam as águas, o ar, e instalam-se nos alimentos, afetando o trabalhador não só no seu ambiente de trabalho, mas também em sua dimensão de cidadão e consumidor em geral (THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2004, p. xii).

Algumas das principais características físico-químicas das nanopartículas são seu diminuto tamanho e elevada energia superficial, que fazem com que, ao estarem dispersas no ambiente, se tornem muito mais reativas do que seriam em tamanhos maiores, sendo muito facilmente absorvidas pelos organismos do ser humano (MAYNARD, 2005). Tem-se estudado os efeitos dos resíduos da produção nanotecnológica no organismo humano, já tendo sido confirmada a presença de nanopartículas na pele, no trato respiratório; nos sistemas digestivo, nervoso, linfático, excretor; na circulação sanguínea, no leite materno; nos músculos e na placenta (OBERDORSTER; OBERDORSTER; OBERDORSTER, 2005, p. 836-838). Os principais meios de exposição elencados por alguns estudos foram o consumo de água e alimentos, o acúmulo de nanorresíduos em roupas usadas quando da exposição a tais partículas e os sistemas de *drug delivery*.

A contaminação do organismo pelas nanopartículas pode vir a desencadear várias reações complexas e interações biológicas, físicas e químicas ainda desconhecidas – principalmente processos de defesa celular dos tecidos atingidos (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007, p. 54). Os possíveis efeitos nocivos causados às células do trato respiratório (em especial pulmonar) já foram descritos pela ciência, principalmente a oxidação destrutiva das células (NEL et al., 2006). Já em relação ao sistema circulatório, as nanopartículas

podem causar parada cardíaca e trombose, a depender do grau e espécie de contaminação (SILVA, 2008, p. 29). Ademais, estas respostas à exposição às nanopartículas podem variar de acordo com as características do indivíduo exposto (idade, configuração genética, histórico de doenças pré-existentes, condições socioeconômicas, etc.), mas é possível resumi-las assim: geração de espécies de oxigênio reativo, estresse oxidativo, perturbação mitocondrial, inflamação, absorção através do sistema retículo-endotelial, desnaturação e degradação de proteínas, absorção nuclear (celular), absorção pelo tecido nervoso (neurônios), perturbação na função de fagocitose, disfunção endotelial, efeitos na coagulação sanguínea, geração de neoantígenos, ruptura na tolerância imune, alteração no ciclo de regulação celular, danos ao DNA (inclusive alguns relacionados ao câncer) (DONALDSON; BORM, 2007, p. 59-69).

Prata, carbono, titânio, silício e zinco são os elementos mais utilizados nas nanopartículas já à venda no mercado mundial. Porém, há de se ter em mente que *as propriedades de tais elementos em nanoescala são muito diversas em relação às que apresentam quando em partículas maiores*. Isto porque a superfície de contato das nanopartículas, quando comparada à massa da mesma partícula, é muito maior – o que as torna muito mais reativas. Suas propriedades ópticas, magnéticas e elétricas também são muito diferentes. Também sua capacidade de se integrar no sistema biológico, alterar o metabolismo celular e se evadir dos mecanismos do sistema imunológico dos seres vivos também já foram cientificamente descritos (FIORINO, 2010, p. 11).

Apesar deste risco, porém, é muito grande a variedade de produtos contendo nanotecnologia no mercado de consumo. O *Project on Emerging Nanotechnologies* (NANOTECHNOLOGY, 2014) já lista cerca de 1.317 produtos no seu rol *online* desenvolvido para tal, produzidos por 587 empresas, localizadas em cerca de 30 países – sendo que, entre 2006 e 2009, houve um aumento de cerca de 379% em tal número (FIORINO, 2010, p. 12). A grande maioria de tais produtos se encontram na categoria saúde e *fitness* (738 produtos), a qual é seguida pela categoria “casa e jardim” (209 produtos), “automotivos” (126 produtos), bebidas e alimentos (105 produtos), *cross cutting* (82 produtos), eletrônicos e computadores (59 produtos), *appliances* (44 produtos), produtos para crianças (30 produtos) (NANOTECHNOLOGY, 2014). São ilustrativos os produtos cosméticos, aparelhos sem fio, produtos de limpeza automotivo, pastas de dente, embarcações recreativas,

embalagens plásticas, chás e isolamentos de construção civil (FIORINO, 2010, p. 12).

Quando se verifica a grande quantidade de produtos e serviços nanodesenvolvidos, sem que haja o respeito a normas específicas para regulá-los, pode-se afirmar que é urgente a necessidade de regulação desse ramo específico da produção, devendo ser estabelecidos padrões normativos minimamente eficientes, sendo capazes de fornecer parâmetros mínimos para que seu consumo seja razoavelmente seguro numa sociedade de crescente complexidade. Em outras palavras, é necessário, para questões tão complexas, um sistema normativo também complexo.

O Brasil ainda não tem legislação propriamente dita regulando o desenvolvimento (e o risco) nanotecnológico em vigor. Contudo, já tramita no Congresso Nacional o Projeto de Lei da Câmara nº 5.133/2013, que intenta regulamentar a rotulagem de produtos nanotecnológicos no mercado de consumo. Mas tal Projeto ainda não foi apreciado por qualquer Comissão da Câmara dos Deputados, dado o caráter extremamente recente de sua proposição (SARNEY FILHO, 2013).

Além desta, várias outras tentativas do Poder Legislativo Federal já propuseram a regulação do risco nanotecnológico – mas todas foram arquivadas, principalmente, em razão da redundância normativa (seus textos expunham dispositivos já existentes em outras leis vigentes). Pode-se observar este fenômeno da redundância que afeta a elaboração de Projetos de Lei que buscaram regular o risco nanotecnológico no Brasil nas seguintes Proposições já arquivadas:

- *Projeto de Lei da Câmara nº 5.076/2005*: arquivado desde 28 de novembro de 2008 (BRASIL, 2008, p. 54893), este Projeto dispunha sobre pesquisa e uso da nanotecnologia no Brasil. Também criava uma Comissão Técnica Nacional de Nanossecurança (CTNano), instituía um Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano), além de outras disposições pertinentes (DUARTE, 2005);
- *Projeto de Lei do Senado n. 131/2010*: arquivado desde 1º de agosto de 2013 (BRASIL, 2013, p. 48839-48840), impunha aos fornecedores o dever de informar ao consumidor (embalagens, material publicitário, etc.) o conteúdo nanotecnológico de seus produtos. Buscava fazê-lo ao alterar duas outras leis –Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969 (que institui

normas básicas sobre alimentos) e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976 (que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências), para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato (VIANA, 2010).

A única outra tentativa do Poder Público em relação à regulação do risco nanotecnológico que pode ser elencada é a Portaria nº 1.358 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 20 de agosto de 2014 (BRASIL, 2014), ato normativo administrativo que visa a criar um comitê interno de nanotecnologias, formado por representantes (da própria Agência) oriundos das mais variadas áreas industriais que se valem dessa tecnologia (e.g. farmácia, indústria de cosméticos, toxicologia, etc.). O referido comitê está apto para coordenar a elaboração de normas regulatórias das práticas nanotecnológicas no Brasil (além de outras atribuições correlatas), e possui um limite de 12 (doze) meses para concluir o trabalho.

3 POSSIBILIDADES SOCIOECONÔMICAS DO DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO

A projeção das conquistas da nanotecnologia implicará em grandes transformações na vida social, as quais, por sua vez, desencadearão necessidades de modificações jurídicas, a fim de que o Direito possa oferecer respostas eficientes à complexidade social engendrada. A partir das nanotecnologias, inclusive, permite-se falar de um grande potencial para a “geração de direitos” (ENGELMANN, 2011, p. 388). Mas outras considerações também devem ser feitas antes de se adentrar nos questionamentos jurídicos.

Primeiramente, deve-se analisar a sua representação social das nanotecnologias. Seus programas de desenvolvimento demandam uma grande aceleração que envolve praticamente todos os setores industriais – e, conforme vão sendo desenvolvidos, seus promotores (públicos e privados) vão buscando a implementação da compreensão pública das atividades em voga (ESCALANTE, 2009, p. 211). Em outras palavras, passa-se a buscar a aceitabilidade social de certas aplicações das nanotecnologias altamente suspeitáveis (ou rejeitáveis) pelo

público em geral.

Por outro lado, os interesses de potentes forças (políticas e de mercado), quando controlam o desenvolvimento nanotecnológico (e a criação de sentidos sociais para a inovação) minam o seu caráter democrático. O modelo tecnocrático e antidemocrático de criação de aceitabilidade social de novas tecnologias (mais tradicional, caracteristicamente de fins do século XIX) conferia diferentes funções a empresários, investigadores, responsáveis públicos e cidadãos em geral – sendo elaborado um “contrato social tácito” (ESCALANTE, 2009, p. 213). Estado e empresas criam, neste modelo, o marco regulatório adequado para a investigação, sendo seu resultado final passivamente aceito pelos cidadãos (sem qualquer participação direta sua, portanto), com o significado de progresso e melhora no bem-estar social. Este modelo, portanto, é de *opacidade* na tomada de decisões públicas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico. Atualmente, porém, verifica-se, da parte dos Estados e empresas de onde as nanotecnologias responsáveis pelos maiores desenvolvimentos na área de nanotecnologias, um esforço para a criação de uma opinião pública favorável às nanotecnologias – para que as contradições experimentadas em relação a tecnologias nucleares e biotecnologia não se repitam (ESCALANTE, 2009, p. 213).

Face ao risco e à incerteza global, os cidadãos colaborariam para com os *experts* para a geração de conhecimentos valiosos, que se converteriam em projetos exitosos de desenvolvimento. Ademais, a tecnocracia (controle do assunto apenas por *experts*) é antidemocrática – sendo que, a menos que haja razões bem fundamentadas, todos os cidadãos têm o direito de participar de decisões que venham a afetá-los diretamente. Sendo assim, pode-se falar da ocorrência de uma espécie de tentativa de “democratização” da nanotecnologia.

Mesmo que se observe a incerteza científica acerca dos riscos das nanopartículas, é notável a necessidade econômica daqueles que investem em nanotecnologia com fins empresariais de colocarem seus produtos desta natureza no mercado antes da concorrência. Portanto, nota-se a seguinte situação: de um lado, é exigido dos cidadãos que debatam e participem das tratativas sobre discrepâncias de alta relevância mesmo entre seus *experts*; paralela e simultaneamente, decisões devem ser tomadas com extrema rapidez, a fim de que não sejam ultrapassados pela concorrência os envolvidos com pesquisa e investimento em nanotecnologias na competição por êxito comercial (ou, ainda, por posições de vanguarda na “revolução

tecnológica”) (ESCALANTE, 2009, p. 214).

Os governos dos países da Europa e da América do Norte têm recorrido a um conjunto de atores (consultores, *experts* de universidades e instituições acadêmicas, organismos de inovação e desenvolvimento, companhias de comunicação, organizações não governamentais, etc.) a fim de obter apoio público para a investigação, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia se desenvolva em ritmo acelerado. O financiamento da investigação ética e social destas experiências de participação é muito limitado quando comparada aos fundos destinados à investigação laboratorial e tecnológica, mas relativamente altos quando se toma por parâmetro as políticas relacionadas a tecnologias anteriores.

Os métodos mais comuns de participação dos cidadãos neste sentido são questionários limitadamente projetados, exposições, experimentos de divulgação, jornadas científicas de portas abertas, etc. – cuja finalidade é manifestadamente a divulgação conforme os anseios dos interessados em obter o apoio público de maneira distorcida. Há também formas mais elaboradas de experiência de participação pública no desenvolvimento científico: painéis de jurados cidadãos, conferências cidadãs, “nanocafés” e fóruns híbridos, entre outras nomenclaturas (que variam de acordo com as comunidades que as exercem) (ESCALANTE, 2009, p. 216). Em suma, tais experiências se dão geralmente da seguinte forma: seleciona-se certa quantidade de cidadãos que, em uma série de sessões, são informados sobre as nanotecnologias por um painel de *experts*; após, os cidadãos se posicionam para tecer recomendações; seguem-se debates e mais exposições para com os entendidos do assunto, vislumbrando cenários futuros para uma possível trajetória de desenvolvimento tecnológico – buscando-se sempre elevar o grau de aceitação social.

Na maioria das vezes, em tais tentativas governamentais, quando aplicados a cidadãos questionários tratando sobre a aplicabilidade das nanotecnologias, estes emitem opiniões genéricas, que refletem o alto grau de ignorância ainda característico do conhecimento público sobre as nanotecnologias mesmo nos países mais desenvolvidos do Ocidente (LAFFITE; JOLY, 2008). Estas explanações, por fim, com apreciações positivas acerca dos potenciais benefícios para a saúde (diagnóstico e tratamento) (ESCALANTE, 2009, p. 216).

Veja-se que dentre os interessados no sucesso da nanotecnologia em âmbito comercial, portanto, também se encontram os poderes públicos de diversos países

(principalmente os denominados “desenvolvidos”).² Desta forma, sérias dúvidas sobre a sinceridade de motivos dos interessados na divulgação das nanotecnologias perante cidadãos e consumidores – dúvidas estas que surtem efeitos sobre a efetividade e o caráter democrático e a efetividade das medidas até então tomadas (ESCALANTE, 2009, p. 215).

O que se está observando, assim, é o desenvolvimento de padrões culturais que, ao serem combinados com as tecnologias disponíveis e as pautas sociais prevalecentes, adquirem um poder temerário. As articulações oportunistas (em maior ou menor grau) impõem uma representação dominante sobre as nanotecnologias: conforme a rede de desenvolvimento (e aplicação) da tecnologia se torna mais extensa, é modificada a configuração física e social para o seu êxito (ESCALANTE, 2009, p. 217). Os discursos dominantes sobre a solução dos problemas de saúde e alimentação nos países menos desenvolvidos mediante opções nanotecnológicas são similares àquelas que, num passado recente, os promotores dos transgênicos proferiram. Este padrão cultural de “milagre tecnológico” oblitera a verdade de que a solução para problemas socioeconômicos dependem muito mais de mudanças drásticas na ordem política e econômica na sociedade mundial do que da colocação de alternativas *high tech* no mercado.

Há quem advirta, porém, no sentido de um efeito contrário – o aumento do fosso social entre os mais e os menos favorecidos economicamente em razão de um acesso desigual às nanotecnologias (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005). A distribuição assimétrica do poder e da riqueza, mesmo nos países desenvolvidos, pode fazer com que o acesso às nanotecnologias (e todas as benesses em virtude delas alcançáveis) seja mais um fator de exclusão social. A exemplo das promessas do período imediatamente após a Segunda Guerra Mundial (que prometiam gerar energia barata e abundante), da revolução verde nas décadas de 1960 e 1970 (que oferecia ao mundo a solução para a escassez de alimentos), e da engenharia genética de fins de século XX e início do seguinte, pode-se vislumbrar um quadro de apropriação desigual dos frutos da revolução nanotecnológica. Em outras palavras: os mais

² Pode-se observar exemplos destes esforços nos seguintes documentos: COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009. Segundo informe de aplicación 2007-2009. **Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo**, Bruxelas, 29 de outubro de 2009. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0607:FIN:ES:PDF>>. Acesso em 30 set 2014. UNITED STATES – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Nanoscale Program Approach for Comment**. Disponível em <<http://www.epa.gov/oppt/nano/nmspfr.htm>>. Acesso em 30 set 2014.

recentes desenvolvimentos tecnológicos contrastam com o aumento da pobreza e da desigualdade no mundo nas últimas cinco ou seis décadas (WADE, 2004).

Pelo menos duas questões foram levantadas pelo Meridian Institute em 2005, quando realizado estudo específico para tal, em relação às nanotecnologias e ao desenvolvimento socioeconômico (MERIDIAN INSTITUTE, 2005):

- a) historicamente os resultados das inovações tecnológicas têm beneficiado preferencialmente pequenas minorias;
- b) a nanotecnologia pode ser, ao contrário do que se imagina, mais maléfica do que benéfica para países desenvolvidos, demandando ainda mais importações (e exploração) para os países em desenvolvimento. Isto pode estar demonstrando que, do ponto de vista socioeconômico, a revolução tecnológica, por si só, não é fundamental. O que importa considerar é a forma pela qual o desenvolvimento tecnológico impacta a divisão social do trabalho, as mudanças na produtividade e a distribuição da riqueza advinda desse processo (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 63).

Há ainda comunicações versando sobre possíveis benefícios para todos no mundo (inclusive para os mais pobres) em razão do desenvolvimento (e da adoção na prática) das nanotecnologias. O informe produzido entre 2004 e 2005 pelo Millenium Project avalia a nanotecnologia como importante para o mundo em desenvolvimento, eis que envolve pouco trabalho, terra e manutenção, além de ser altamente produtiva e barata – além de requerer pequenas quantidades de material e de energia (THE MILLENIUM PROJECT, 2014, p. 13). Porém, estas mesmas qualidades podem ser consideradas prejudiciais, pois os países pobres apresentam, em muitos casos, mão-de-obra, terra e recursos naturais abundantes (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 63). Observa-se mais uma vez uma comunicação baseada em prováveis benesses nanotecnológicas para os pobres, a fim de criar certa “aura” de esperança para cidadãos de países desenvolvidos.

Há prognósticos de sensível diminuição da ocupação nos processos diretamente produtivos, inversamente proporcional (talvez) ao aumento da demanda por pessoal altamente qualificado técnica e cientificamente (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 64-65). Países com maior número de pessoas do segundo tipo (notadamente os mais desenvolvidos) certamente se adiantarão em relação àqueles onde a educação ainda é vista de forma extremamente problemática (como no Brasil e em outros países considerados “em desenvolvimento”). Isto corrobora com um

contraste ainda maior entre tais países – demonstrando que a nanotecnologia, portanto, se conduzida da maneira atual (comunicação de benefícios obliterando a observação de possíveis problemas dela emergentes), poderá representar socioeconomicamente, no âmbito global, um problema ainda maior do que os presentes.

Aliás, já se observa que em países mais desenvolvidos o investimento (público e privado) não apenas em pesquisas, mas também em capacitação profissional para trabalhar com nanotecnologias é maior do que em países em desenvolvimento. Apesar de ainda estar em uma fase inicial do desenvolvimento no mundo todo, no Brasil ainda se fazem necessários maiores investimentos para o desenvolvimento de tal ramo do conhecimento – caso integre as metas do país venham a se adequar aos novos padrões tecnológicos (REDIGUIERI, 2009, p. 198).

Enquanto nos países vanguardistas se observam enormes montantes de investimento, no Brasil se começou a ter um investimento um pouco mais significativo (mas ainda assim pífio em comparação com as potências na área) apenas em 2005 – ano em que se anunciou o Programa Nacional de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, com o qual se comunicou o dispêndio de recursos da ordem de US\$ 30 milhões para o biênio 2005/2006 (TOMA, 2005, p. S50). Apenas como comparação, no Japão, segundo país no *ranking* de investimentos em pesquisas em nanoescala, entre os anos de 2000 e 2003 não apenas se investiu muito, mas também houve grande aumento neste investimento – de US\$ 245 milhões a US\$ 810 milhões (UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES; EUROPEAN COMMISSION, 2005).

Observa-se na política brasileira, também, o estabelecimento do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO), formado por um grupo de laboratórios que se dedicam à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, em vários setores de nanotecnologias. Mais recentemente, pode se observar, ainda, no Brasil, a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), lançada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em agosto de 2013, que corresponde a um conjunto de ações que objetivam criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes embasados na nanociência e na nanotecnologia, visando a promoção do desenvolvimento tecnológico e científico setor, focando-se na inovação. Estão previstos, com esta iniciativa governamental, investimentos de aproximadamente R\$ 440 milhões em 2013 e 2014. A IBN visa fortalecer a interface entre pesquisa,

conhecimento e iniciativa privada, aproximando a infraestrutura acadêmica e as empresas (COELHO; GRESPAN; LEÃO, 2013).

Apesar da desproporcionalidade verificável entre os mais avançados e os ainda em desenvolvimento, há quem vislumbre possibilidades de competitividade para países da América Latina também ocuparem posições de destaque em nanotecnologias. A integração entre países e centros de pesquisa de tais países engendraria grandes chances para tais países, combinada a processos complexos de industrialização nacional includente (que gerem encadeamentos produtivos endógenos), poderia fazer com que tais países não mais se subordinem às “metrópoles” da pesquisa em tal área (UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES. EUROPEAN COMMISSION, 2005). Porém, apesar de não restarem dúvidas quanto às possibilidades “economicamente neutras” de se conceber novos produtos, serviços e materiais a partir das nanotecnologias, ainda subjazem em relação aos regimes de patentes e da desigualdade existentes, as nanotecnologias poderão representar pouco (ou talvez nada) para o fim dos problemas de distribuição ainda existentes nos países considerados menos desenvolvidos economicamente (LAU; FOLADORI; RUSHTON, 2009, p. 342).

4 ENTRE LEIGOS E ESPECIALISTAS: O DESNÍVEL DE PERCEPÇÃO DO SIGNIFICADO DOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS

A regulação democrática da nanotecnologia tem como variável fundamental a percepção pública acerca dos riscos e benefícios de sua aplicação, seja pelo caráter revolucionário desta forma de inovação, conforme as “promessas” apresentadas, seja pelo contato que já está sendo estabelecido entre o público e algumas aplicações desta forma de tecnologia.

Há um fator “intuitivo” na percepção da toxicidade dos resultados da alta tecnologia pelo leigo (BERUBE, 2009, p. 91), o qual marca da reação do público em comparação àquela que seria provocada em um *expert* quando interpreta as informações relacionadas à toxicidade. Em outras palavras: os dados toxicológicos gerados por *experts* são interpretados de forma diferenciada por outros *experts* e por aqueles que não partilham da mesma condição, eis que os segundos teriam uma percepção intuitiva, menos racional. Este *gap* entre as percepções do risco deve ser melhor estudado, pois sua influência no cotidiano é fundamental.

Ademais, na determinação do risco relacionado à toxicidade de algo, um *expert* sugeriria as melhores maneiras para se reduzir a exposição das pessoas (e do ambiente) ao elemento tóxico, ou então, para evitar ao máximo possível qualquer forma de contato. Assim que estão rigorosamente determinados os padrões de risco e segurança, porém, os *experts* acreditam que as pessoas afetadas reagirão de maneira racional, correspondendo ao seu meticuloso trabalho de determinação dos riscos e vivendo em segurança em razão disso.

Note-se, portanto, que a diferença de percepções incrementa ainda mais a complexidade das comunicações acerca do risco na sociedade – e se for considerada a nanotecnologia, está-se diante de um problema ainda mais grave, já que se trata de uma forma de tecnologia extremamente recente, altamente diferente quando comparada a qualquer outra forma de tecnologia que já faz parte do senso comum. Este “ingrediente” desprovido de racionalidade, por parte do público, na percepção dos riscos, geralmente não é incluído nas equações de avaliação de possibilidades relacionadas às tomadas de decisão, o que torna necessária uma abordagem diferente acerca das comunicações (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011, p. 19). Diferentemente daquilo que os responsáveis pelas tomadas de decisão acerca do risco, o público não age racionalmente como esperam, já que suas decisões se baseiam em “valores” oriundos de suas convicções (não-rationais) pessoais.

O público confia altamente nas comunicações realizadas por *experts*, simplesmente porque é assim que a comunicação se dá (e não por interpretar os dados de maneira racional) (FINUCANE; HOLUP, 2005, p. 1603). Ao tomar uma decisão sobre o uso de determinado produto, o público não leva em consideração o risco da mesma maneira que o não-leigo, pois emprega muito da emotividade no processo de avaliação dos riscos e benefícios do emprego de algo (o qual redundará numa decisão favorável ou desfavorável).

Numa situação envolvendo produtos desenvolvidos a partir da nanotecnologia, vários exemplos hipotéticos poderiam ser construídos a partir da questão da irracionalidade: desde produtos que as pesquisas demonstram possuir considerável grau de nocividade – mas que evocariam no consumidor, num primeiro momento, alguma reação emotiva relacionada a “segurança”, “higiene”, “limpeza” e/ou “saúde”; passando-se por produtos cujos dados acerca de sua eficácia

provocam a vaidade do consumidor (e.g. cosméticos contendo nanotecnologia); até cenários em que o consumidor simplesmente não se sensibiliza com os dados apresentados, pois a distância dos possíveis resultados pouco ou nada lhe provocam emotivamente (e.g. danos à fauna dos rios e lagos em razão dos dejetos contendo nanopartículas).

Neste ponto, pode-se considerar como evidente uma diferença básica: enquanto os perigos são reais, os riscos são socialmente construídos (SLOVIC, 1999, p. 689). E esta diferença faz com que se denote uma tensão entre os *experts* (que pesquisam acerca dos riscos) e o público: a diferença entre a racionalidade rigorosa e metódica dos primeiros e a sensibilidade/emotividade tão influente e característica dos processos decisórios realizados pelo segundo deve ser considerada em tal forma de comunicação, pois enquanto não o for, degenera em muita ansiedade e confusão.

Em razão desta possibilidade de confusão e ansiedade, em diversos países têm sido realizados estudos, abordando não apenas os riscos, mas também a percepção pública da nanotecnologia. No ano de 2003, no Reino Unido, foi realizada uma das primeiras sondagens de opinião pública – resultando no relatório *Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Revelou-se que uma maioria esmagadora de pessoas tinha uma percepção muito baixa, ou sequer havia ouvido falar em nanotecnologia (THE ROYAL SOCIETY, 2004, p. 66-67).

A opinião pública nos EUA também foi pesquisada, no ano de 2008, pelo Woodrow Wilson International Center for Scholars, no âmbito do seu Project on Emerging Nanotechnologies (PEN). Resultaram estas pesquisas no Boletim Eletrônico LQES NEWS (LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO DA UNICAMP, 2014). De acordo com o estudo, apenas 6% dos estadunidenses dizem ter ouvido falar com bastante frequência sobre nanotecnologias, e 70% alegaram ter recebido pouca ou nenhuma informação a respeito da matéria. Pessoas menos esclarecidas e com baixos salários, idosos e indivíduos do sexo feminino foram os que se revelaram menos informados. Se por um lado esta sondagem estimou a opinião dos norte-americanos sobre as nanotecnologias, por outro, ressalta a necessidade de que sejam empreendidos esforços mais significativos para que o grande público esteja cômico dos riscos ambientais e sanitários oferecidos por tais tecnologias (embora nem todos os riscos sejam conhecidos pelos cientistas). Ademais, cerca de 51% da população estadunidense não se sente informada o

suficiente sobre as nanotecnologias para realizar um julgamento sobre riscos e benefícios das nanotecnologias; cerca de 25% dos investigados apenas pensa que tanto os benefícios quanto os riscos acerca deste ramo serão numerosos; 18% acreditam que as nanotecnologias trarão benefícios; e, por fim, 6% acreditam que trarão apenas riscos.

Outra pesquisa, também realizada nos Estados Unidos, conduzida pela Universidade Estadual do Arizona e pela Universidade do Wisconsin (CORLEY et al, 2009, p. 1573), ocupou-se dos integrantes do outro polo da tensa relação comunicacional ora apresentada – entrevistando cientistas acerca da abordagem dos riscos, bem como da questão dos marcos regulatórios das nanotecnologias. Desta feita, foram analisados os pontos de vista pessoais de cada cientista entrevistado, e os resultados concluem que, enquanto os cientistas têm nos marcos regulatórios uma espécie de proteção para a sociedade, o público leigo visualiza os marcos regulatórios muito mais como uma restrição, limitando os possíveis aspectos benéficos das nanotecnologias (tais como a comercialização de produtos) (CIENTISTAS, 2009).

Ademais, cientistas sanitários e ambientais opinaram no sentido de que estabelecer marcos regulatórios é uma medida urgente em razão da sua importância para a proteção da vida privada e a fiscalização do desenvolvimento tecnocientífico. Já os cientistas ligados à eletrônica e à mecânica pensam que o controle regulatório não é tão necessário (ou que é, até mesmo, inútil). Isto demonstra um desafio ainda maior para as instâncias responsáveis pela elaboração e implantação de marcos regulatórios para as nanotecnologias: estas dependem dos dados (pesquisas e pareceres) fornecidos pelos cientistas, apesar de tais informações serem ainda incompletos; assim, a falta de conhecimento abre muita margem para a opinião pessoal dos cientistas acerca da matéria (o que constitui um conjunto de informações composto também por dados não tão racionais).

No Japão, onde no ano de 2004 se realizou uma pesquisa sobre nanotecnologia para o grande público sob a responsabilidade do Nanotechnology Research Institute (HILL, 2009), foram entrevistados 1.011 (um mil e onze) indivíduos leigos (não especialistas e não profissionais) das áreas de tecnologia e ciência. A princípio, já se pode analisar que os resultados, dadas as altas taxas de alfabetização e de interesse pelo conhecimento da sociedade japonesa, seriam significativamente altos também no tocante às informações sobre tecnologia e ciência

em geral: 65% dos entrevistados possuíam curso superior; dos entrevistados, 44% se declararam interessados em ciência e tecnologia; 50% acreditavam que as nanotecnologias melhorariam suas vidas; 87% declararam terem recebido informações sobre ciência e tecnologia veiculadas em noticiários de televisão; 33%, a partir de programas de televisão com temática científica; 31% a partir da internet; e 62% a partir do noticiário geral. No tocante às nanotecnologias, em específico, constatou-se que 55% dos entrevistados japoneses já ouviam falar com frequência das nanotecnologias.

Estes resultados demonstram a necessidade de educar a população sobre a importância das nanotecnologias, a fim de que a inteligência e a curiosidade, somada à informação facilmente disponibilizada, possam ajudar a equilibrar o debate sobre as nanotecnologias. Se estas formas revolucionárias de tecnologia fossem encontráveis com mais frequência nas pautas dos informativos populares, apresentadas num nível de complexidade captável pelo grande público (sem deixar de lado, por óbvio, sua abordagem no âmbito da educação formal), poder-se-ia estar diante de um contributo bastante significativo para este debate.

CONCLUSÃO

O emprego das nanotecnologias pode vir a representar um potencial revolucionário de desenvolvimento de várias áreas do conhecimento e da produção industrial. A Medicina, a preservação do meio ambiente, a economia e as ciências em geral podem melhorar muito a qualidade de vida humana. Paralelamente a este potencial benéfico, no entanto, há riscos significativos ao meio ambiente e à saúde humana. Esta contingência faz necessária, assim, a regulação do risco das nanotecnologias – a qual, mesmo ainda não existindo, enfrentará uma presença de nanopartículas e nanoprocessos no mercado já grande.

O caput do artigo 225 da Constituição de 1988 incumbe não apenas o Poder Público, mas também a coletividade da preservação do meio ambiente. Esta atividade pode se dar por várias vias e agentes (Administração Pública, Poder Legislativo, Poder Judiciário, etc.). Mas se nota, a partir da interpretação do texto constitucional, que a doutrina jurídica identificou um *princípio democrático*, relacionado a questões de regula(menta)ção ecológica. Analisado em confronto a este princípio, o risco nanotecnológico ao meio ambiente deve também ser regulado mediante processos

normativos em que haja a participação do público.

Um grande (e complexo) obstáculo, porém, se impõe a esta participação – interposto justamente no cerne da questão, antes ainda de qualquer consideração procedimental: o público em geral – seja no Brasil, seja em países mais desenvolvidos, como se observou alhures –, simplesmente *desconhece* as nanotecnologias, obstando-se sua opinião de qualidade acerca dos riscos que possam acarretar.

Mas não se descarta, com isto, a democratização dos processos decisórios envolvendo nanotecnologias. Democratizar não tem significados apenas procedimentais, sendo nesta grande qualidade normativa compreendidos também: o *acesso* aos avanços resultantes do desenvolvimento nanotecnológico; a democratização do *conhecimento* necessário para o debate qualificado acerca dos seus significados; dos *processos produtivos* relacionados; e, por fim, do *acesso à decisão política* a elas concernentes.

A norma constitucional que obriga à participação democrática nos processos políticos decisórios ligados ao risco nanotecnológico se esvaziará sem esta democratização em múltiplos aspectos. Assim como ocorre em outros vários assuntos, a democracia deve ser entendida como complexo de tomadas de decisão que envolve a qualificação dos envolvidos também no que concerne ao contato entre público e nanotecnologias.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP/FUNCAMP). **Nanotecnologias**: subsídios para a problemática dos riscos e regulação. Campinas/SP, 2011. Disponível em: <<http://www.inomat.iqm.unicamp.br/images/relatorio%20NanoRiscos.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

AGUDELO ZAPATA, Yineth; AGUDELO ZAPATA, Yessica; CASTANO LLANO, Rodrigo. Nanotecnología en la gastrohepatología. **Revista Colombiana de Gastroenterología**, Bogotá, vol.23, n.4, p. 361-368, 2008.

ALVES, Oswaldo. A Nanotecnologia Cumprindo as Suas Promessas. **LQES News**, Campinas, SP, 2005. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_33_1_nanotecnologia_promessas.pdf>. Acesso em 29 mar 2015.

_____. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Revista Parcerias Estratégicas**,

Brasília, n. 18, p. 30-31, 2004.

ARNALL, Alexander Huw. **Future Technologies, Today's Choices**: Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics: A Technical, Political and Institutional Map of Emerging Technologies. Informe elaborado para Greenpeace, 2003. Disponível em <www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>. Acesso em 29 mar 2015.

BEA, Duani Blanco. TEJEDA, Alain Pérez. PARDO, Arlenis Acuña. CUADOR, Jenry Carreño. Nanomedicina: aspectos generales de un futuro promisorio. **Revista Habanera de Ciencias Médicas**, Havana, v. 10, n. 3, p. 410-421, 2011.

BERUBE, David M. Intuitive Toxicology: The Public Perception of Nanoscience. In ALLHOFF, F.; LIN, P. (editores). **Nanotechnology & Society**: Current and Emerging Ethical Issues. New York: Springer, 2009.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014**. Institui o Comitê Interno de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e dá outras providências. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=21/08/2014>. Acesso em 29 mar 2015.

BRASIL. **Diário da Câmara dos Deputados**, Ano LXII, n. 203, 20 de dezembro de 2008. Disponível em: <<http://imagem.camara.gov.br/Imagem/d/pdf/DCD29NOV2008.pdf#page=81>>. Acesso em 29 mar 2015, p. 54893.

_____. **Diário do Senado Federal**, nº 115, 02 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/diarios/BuscaDiario?tipDiario=1&datDiario=02/08/2013&paginaDireta=48839>>. Acesso em 29 mar 2015, p. 48839-48840.

BRITTO, J. Fernando B. Projeto básico de salas limpas. **Revista da SBCC**, São José dos Campos, n. 54, p. 46-61, setembro/outubro 2011

CIENTISTAS americanos se manifestam sobre marcos regulatórios para as nanotecnologias. **LQES News**, Campinas, n. 175, 02 de julho de 2009. Disponível em: <http://lges.igmp.unicamp.br/canal_cientifico/lges_news/lges_news_cit/lges_news_2009/lges_news_novidades_1312.html>. Acesso em 29 mar 2015.

COELHO, Denise; GRESPAN, Isadora; LEÃO, Fernanda. Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia: Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia estimula inovação em empresas. Brasília, 20 ago 2013. Disponível em: <<http://nano.mct.gov.br/noticias/iniciativa-brasileira-de-nanotecnologia-2013-08-20/>>. Acesso em 29 mar 2015. Texto postado no Portal MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Nanotecnologias, no link Notícias.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009. Segundo informe de aplicación 2007-2009. **Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité**

Económico y Social Europeo, Bruxelas, 29 de outubro de 2009. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0607:FIN:ES:PDF>>. Acesso em 29 mar 2015.

CORLEY, Elisabeth. A.; SCHEUFELE, Dietram A.; HU, Qian. Of risks and regulations: how leading U.S. nanoscientists form policy stances about nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 11, n. 7, p. 1573–1585, out. 2009. Disponível em: <<http://www.unisinos.br/biblioteca/images/stories/downloads/guia-biblioteca-2012-v2.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

DONALDSON, Ken; BORM, Paul. **Particle toxicology**. Boca Raton: CRC Press, 2007.

DUARTE, Edson. **Projeto de Lei da Câmara n. 5076, de 2005**. Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no país, cria Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança – CTNano, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia – FDNano, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=8E5C72DD2EDE99A08E8FF1BFDE35AA8C.node2?codteor=297210&filename=PL+5076/2005>. Acesso em 29 mar 2015.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito. In **Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano**. Año XVII. Montevideo, p.383-396, 2011.

ESCALANTE, José Manuel de Cózar. Imaginar la nanotecnología, controlarla democráticamente. *Estudios Sociales*, México, vol.17, n.34, p. 207-224, jul./dez. 2009.

ETC Group. [S. l., 2012?]. Disponível em: <<http://www.etcgroup.org/es>>. Acesso em 29 mar 2015.

FEYNMAN, Richard. Há mais espaço lá embaixo. Tradução de Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, p. 137-155, 2004.

FINUCANE, Melissa L.; HOLUP, Joan L. Psychosocial and cultural factors affecting the perceived risk of genetically modified food: an overview of the literature. **Social Science & Medicine**, [S. l.], v. 60, p. 1603-1612, 2005.

FIORINO, Daniel J. Voluntary initiatives, regulation, and nanotechnologies oversight: charting a path. **Project for Emerging Nanotechnologies**, n. 19, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/8347/pen-19.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

FOLADORI, Guillermo. INVERNIZZI, Noela. **Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad?** **Redes**, Bernal Este (Argentina), vol 11, n. 21, p. 55-75, maio de 2005. Disponível em <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/907/90702102.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

GAVELIN, Karin. WILSON, Richard. DOUBLEDAY, Robert. **Democratic technologies?** The final report of the Nanotechnology Engagement Group (NEG).

Disponível em < <http://www.involve.org.uk/wp-content/uploads/2011/03/Democratic-Technologies.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

HILL, Patti D. **Educating Society on Nanotechnology**, [S. l.], 11 ago 2009. Disponível em: < <http://www.nanotech-now.com/columns/?article=337>>. Acesso em 29 mar 2015. Disponível no site Nanotechnology Now, no hiperlink Penman PR.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO/TS 27687:2008**. Lists unambiguous terms and definitions related to particles in the field of nanotechnologies. It is intended to facilitate communications between organizations and individuals in industry and those who interact with them.” Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44278&commid=381983> Acesso em 29 mar 2015.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO DA UNICAMP. **LQES News**. Campinas, [2012?]. Disponível em: <http://lges.igq.unicamp.br/canal_cientifico/lges_news/lges_news.html>. Acesso em 29 mar 2015.

LACAVA, Zulmira Guerrero Marques. MORAIS, Paulo César de. Aplicações biomédicas de nanopartículas magnéticas. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, p. 73-86, agosto de 2004.

LAFFITE, Nicolas Baya. JOLY, Pierre-Benoît. Nanotechnology and Society: Where do we stand in the ladder of citizen participation? **CIPAST Newsletter**, p. 1-4, March 2008. Disponível em <<http://www.cipast.org/download/CIPAST%20Newsletter%20Nano.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

LAU, Edgar Zayago Lau. FOLADORI, Guillermo. RUSHTON, Mark. Nanotecnología y los enclaves del conocimiento en Latinoamérica. **Estudios Sociales**, México, v.17, n.34, p. 325-346, jul./dez. 2009.

MAYNARD, Andrew. **Nanotechnology and occupational health**, [S. l.], 2005. Disponível em: < http://epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard_06_13_05_presentation.pdf>. Acesso em 29 mar 2015. Palestra publicada no site da EPA, no hyperlink Nanotechnology: Lectures.

MELO, Celso Pinto. PIMENTA, Marcos. Nanociência e Nanotecnologia. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, p. 9-21, 2004.

MERIDIAN INSTITUTE. **Nanotechnology and the poor: opportunities and risks**, Dillon, Colorado; Washington DC, Janeiro de 2005. Disponível em < <http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report96.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

NANOTECHNOLOGICAL promise for global poor. **BBC News**, 11 abr. 2005. Disponível em: < <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4421867.stm>>. Acesso em 29 mar 2015.

NANOTECHNOLOGY Consumer Products Inventory. [S. l, S. d.]. Disponível em <<http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>>. Acesso em 29 mar 2015. Matéria divulgada no site Project on Emerging Nanotechnologies, no hiperlink Inventories.

NANOTECHNOLOGY Consumer Products Inventory: Analysis. [S. l, S. d.]. Disponível em <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/>. Acesso em 29 mar 2015. Matéria divulgada no site Project on Emerging Nanotechnologies, no hiperlink Inventories: Analysis.

NEL, Andre; XIA, Tian; MADLER, Lutz; LI, Ning. Toxic potential of materials at the nanolevel. **Science**, Washington DC, v. 311, n. 5761, p. 622-627, 03 fev. 2006.

OBERDORSTER, Gunter; OBERDORSTER, Eva; OBERDORSTER, Jan; Nanotechnology: An Emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, **Environmental Health Perspectives**, Washington DC, v. 113, n. 7, p. 823-839, jul. 2005.

OLIVEIRA, Virginia et al. Nanotubos de carbono aplicados às neurociências: perspectivas e desafios. **Revista de Psiquiatria Clínica**, São Paulo, vol. 39, n. 4, p. 201-206, 2011.

PASTRANA, Homero Fernando. AVILA, Alba. Nanomedicina: Estado del Arte. **Revista de Ingeniería**, Bogotá, n. 25, p. 60-69, 2007.

PIMENTEL, Lúcio Figueira Pimentel. JÁCOME JÚNIOR, Agenor Tavares. MOSQUEIRA, Vanessa Carla Furtado. SANTOS-MAGALHÃES, Nereide Stela. Nanotecnologia farmacêutica aplicada ao tratamento da malária. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, vol. 43, n. 4, p. 503-514, out./dez 2007.

RATNER, Mark.; RATNER, Daniel. **Nanotechnology**. New Jersey: Prentice Hall; Upper Saddle River, 2003.

REDIGUIERI, Carolina Fracalossi. Study on the development of nanotechnology in advanced countries and in Brazil. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, vol. 45, n. 2, p. 189-200, abr./jun., 2009.

RONCO, Claudio; DAVENPORT, A; GURA, Victor. The future of the artificial kidney: moving towards wearable and miniaturized devices. **Revista Nefrología**, Barcelona, n. 31, vol. 1 p. 9-16, 2011.

SARNEY FILHO, José. **Projeto de Lei da Câmara n. 5.133, de 2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013>. Acesso em 29 mar 2015.

SILVA, Guilherme Frederico Bernardo Lenz. **Nanotecnologia**: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz

cerâmica. 2008, 73 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fnano.iiep.org.br%2Fnode%2F750&ei=RZFOVnKzAYzFggT-xlDwDg&usg=AFQjCNHHJRKRrf2CSlpylSzFZog9b1S6lQ&sig2=eDtcX-meEcddi3y98TA4Qg&bvm=bv.77880786.d.eXY>>. Acesso em 29 mar 2015.

SLOVIC, Paul. Trust, emotion, sex, politics and science: Surveying the risk-assessment battle-field. **Risk Analysis**, [S. l.], v. 19, p. 689-701, 1999.

TOMA, Henrique E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. **Química Nova**, São Paulo, Vol. 28, Suplemento, p. S48-S51, 2005.

THE MILLENIUM PROJECT. **Nanotechnology**: future military environmental health considerations. Disponível em <<http://www.millennium-project.org/millennium/nanotechnology-military.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

THE ROYAL SOCIETY. ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies**: opportunities and uncertainties. Londres, 2004. Disponível em: <http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/nanoscience_nanotechnologies.pdf>. Acesso em 29 mar 2015.

UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES. EUROPEAN COMMISSION. **Some figures about nanotechnology R&D in Europe and beyond**. [S.l.], 2005. Disponível em: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf>. Acesso em 29 mar 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Nanoscale Program Approach for Comment**. Disponível em <<http://www.epa.gov/oppt/nano/nmspr.htm>>. Acesso em 29 mar 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Nanotechnology white paper**, Washington DC, fev. 2007. Disponível em: <<http://epa.gov/ncer/nano/publications/whitepaper12022005.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

VIANA, Tião. **Projeto de Lei do Senado n. 131, de 2010**. Altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/mateweb/arquivos/mate-pdf/77365.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

WADE, Robert Hunter. Is globalization reducing poverty and inequality? **World**

Development, Grã Bretanha, v. 32, n. 4, p. 567-587, 2004. Disponível em: <http://cis.uchicago.edu/outreach/summerinstitute/2009/documents/cis_sti2009-brady-is_globalization_reducing_poverty_and_inequality.pdf>. Acesso em 29 mar 2015.

Recebido em 28/04/2015

Aprovado em 17/09/2015

Received in 28/04/2015

Approved in 17/09/2015